



In the United States Patent and Trademark Office

Applicants: D. Hartmann et al

Attorney Docket: R 302751

Patent Application
Serial No: 10/615,465

Filed: July 9, 2003

For: Method and Arrangement for
Controlling the Output Quantity
of a Drive Unit of a Vehicle

Transmittal of Certified Copy

Commissioner for Patents and Trademarks
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Dear Sir:

Attached please find the certified copy of the German application
from which priority is claimed for this application.

Country: Germany
Application Number: 102 30 828.4
Filing Date: July 9, 2002

Respectfully submitted,

Walter Ottesen
Reg. No. 25,544


Walter Ottesen
Patent Attorney
P.O. Box 4026
Gaithersburg, Maryland 20885-4026

Phone: (301) 869-8950

Date: November 12, 2003



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

 **Aktenzeichen:** 102 30 828.4

Anmeldetag: 09. Juli 2002

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,
Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Regelung der
Ausgangsgröße einer Antriebseinheit eines
Fahrzeugs

IPC: B 60 K 26/00

 **Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 06. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Weller'.

Weller

16.05.02 St/Kei

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren und Vorrichtung zur Regelung der Ausgangsgröße
einer Antriebseinheit eines Fahrzeugs



Stand der Technik

15 Die Erfindung geht von einem Verfahren und von einer Vorrichtung zur Regelung der Ausgangsgröße einer Antriebseinheit eines Fahrzeugs nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche aus.

20 Bekannte Verfahren zur Steuerung des Schaltvorgangs bei automatisierten Schaltgetrieben eines Fahrzeugs nutzen Drehmomentsollwerte bzw. Drehzahlsollwerte, die als Betriebszustandsvorgabe für den Motor an die Stelle des Fahrerwunsches oder sonstiger Eingriffe in die Antriebsleistung des Fahrzeugs treten. Die Steuerung erfolgt dabei in unterschiedlichen Phasen, in denen von einem Getriebesteuergerät über die Sollwerte geeignete zeitliche Verläufe des Motorausgangsmomentes bzw. der Motordrehzahl vorgegeben werden. Bekannte Verfahren mit Vorgabe eines Drehzahlsollwertes nutzen
30 eine PD- oder PID-Regelstrategie zur Ausregelung der Abweichung zwischen dem Drehzahlsoll- und -istwert. Stellgröße des PD- bzw. PID-Reglers ist das Motorausgangsmoment. Es ist bekannt, dass die Stellgröße des PD-Reglers als Summe aus einem der Drehzahlabweichung proportionalen und einem der
35 Änderungsgeschwindigkeit der Drehzahl proportionalen Anteil

gebildet wird, so dass insbesondere bei kleinen Dreh-
zahlabweichungen sowie bei negativen Änderungsgeschwindig-
keiten der Drehzahlabweichungen die Stellgröße kleine Werte
annimmt. Eine in der Regel vorhandene Stellgrößenbegrenzung
5 wird nicht optimal ausgenutzt.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vor-
richtung zur Regelung der Ausgangsgröße einer Antriebsein-
10 heit eines Fahrzeugs mit den Merkmalen der unabhängigen An-
sprüche haben demgegenüber den Vorteil, dass in mindestens
einem vorgegebenen Betriebszustand des Fahrzeugs die Stell-
größe auf einen vorgegebenen Grenzwert gebracht wird, wenn
15 eine vorgegebene Regelabweichung der Ausgangsgröße
überschritten wird. Auf diese Weise lässt sich die
Regelabweichung der Ausgangsgröße in dem mindestens einen
vorgegebenen Betriebszustand sehr schnell reduzieren, so
dass eine zeitoptimale Regelstrategie realisiert wird.

20 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind
vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im
Hauptanspruchs angegebenen Verfahrens möglich.

21 Besonders vorteilhaft ist es, wenn als vorgegebener Be-
triebszustand ein Schaltvorgang eines automatischen Getrie-
bes oder eines automatisierten Schaltgetriebes vorgesehen
wird. Auf diese Weise lässt sich der Schaltvorgang verkürzen
bzw. beschleunigen und damit der zeitliche Ablauf des
30 Schaltvorgangs verbessern.

Eine besonders einfache Realisierung der zeitoptimalen Re-
gelstrategie ergibt sich, wenn die Ausgangsgröße durch einen
PD- oder einen PID-Regler geregelt wird, der dazu die Stell-
35 größe erzeugt, wenn die Stellgröße in einem Begrenzer auf

einen vorgegebenen Stellbereich begrenzt wird und wenn der vorgegebene Stellbereich in dem mindestens einen Betriebszustand bis auf Null gebracht wird.

5 Vorteilhaft ist außerdem, wenn der vorgegebene Stellbereich wieder vergrößert wird, sobald die vorgegebene Regelabweichung erreicht oder unterschritten wird. Auf diese Weise können bei einer genügend kleinen Regelabweichung die Vorteile der PD- oder PID-Regelung genutzt werden.

10

Zeichnung



Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

15

Es zeigen

Figur 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, das gleichzeitig auch den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens verdeutlicht,

20

Figur 2a) den Verlauf eines Motorausgangsmomentes über der Zeit bei einem Schaltvorgang, in dem hochgeschaltet wird,

Figur 2b) den Verlauf des Motorausgangsmomentes über der Zeit bei einem Schaltvorgang, bei dem heruntergeschaltet wird,



Figur 2c) einen Verlauf einer Regelanforderung über der Zeit für einen Schaltvorgang,

Figur 2d) einen digitalisierten Verlauf einer Drehzahlregelabweichung über der Zeit während eines Schaltvorgangs

30

Figur 2e) einen Verlauf eines Stellbereichs für eine Stellgröße über der Zeit während eines Schaltvorgangs,

Figur 2f) einen Verlauf der Grenzen des Stellbereichs über der Zeit während eines Schaltvorgangs, bei dem hochgeschaltet wird und

Figur 2g) einen Verlauf der Grenzen des Stellbereichs über der Zeit während eines Schaltvorgangs, bei dem heruntergeschaltet wird.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

In Figur 1 kennzeichnet 1 eine Antriebseinheit eines Fahrzeugs, die eine Ausgangsgröße abgibt. Im Folgenden wird beispielhaft angenommen, dass es sich bei der Ausgangsgröße der Antriebseinheit 1 des Fahrzeugs um einen Istwert NMOTIST der Motordrehzahl handelt. In Figur 1 kennzeichnet 20 eine Vorrichtung zur Regelung der Ausgangsgröße NMOTIST der Antriebseinheit 1 des Fahrzeugs. Die Vorrichtung 20 umfasst Mittel 25 zur Bildung einer Stellgröße, die im Folgenden beispielhaft als Sollwert MSOLL für das Motorausgangsmoment ausgebildet sein soll. Die Stellgröße MSOLL ist dabei einer in Figur 1 nicht dargestellten Motorsteuerung der Antriebseinheit 1 zugeführt, die den Sollwert MSOLL des Motorausgangsmomentes durch geeignete Einstellung der Drosselklappe für die Luftzufuhr, des Zündwinkels und/oder der Einspritzmenge im Falle eines Otto-Motors umsetzt, um die Ausgangsgröße NMOTIST zu bilden. Ferner umfasst die Vorrichtung 20 eine Messvorrichtung 40 zur Messung der Ausgangsgröße der Antriebseinheit 1, also des Istwertes NMOTIST der Motordrehzahl in dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel. Der von der Messvorrichtung 40 ermittelte Istwert NMOTIST der Motordrehzahl wird in einem ersten Verknüpfungspunkt 30 von einem Vorgabewert NMOTSOLL für die Ausgangsgröße der Antriebseinheit 1, in diesem Beispiel die Motordrehzahl, subtrahiert. Es bildet sich dabei eine Regelabweichung dn , die den Mitteln 25 zugeführt wird. Der Vorgabewert NMOTSOLL für die Ausgangsgröße kann in dem gemäß Figur 1 betrachteten Be-

triebszustand des Fahrzeugs von einer Getriebesteuerung 35 an den ersten Verknüpfungspunkt 30 abgegeben werden, wobei es sich bei diesem Betriebszustand um einen Schaltvorgang eines automatischen Getriebes oder eines automatisierten Schaltgetriebes des Fahrzeugs handeln kann, das im Folgenden kurz als Getriebe bezeichnet und in Figur 1 der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt ist. Die Erfindung ist dabei jedoch auf jede beliebige Getriebeart, ja sogar allgemein zur Drehzahlregelung einsetzbar.

Die Mittel 25 umfassen einen PD- oder PID-Regler 10, dem als Eingangsgröße die Regelabweichung dn zugeführt ist. Der PD- oder PID-Regler 10, der im Folgenden kurz als Regler bezeichnet wird, erzeugt eine vorläufige Stellgröße $MSOLL'$, die in diesem Beispiel ein vorläufiger Sollwert für das Motorausgangsmoment sein soll. Anhand der vorläufigen Stellgröße $MSOLL'$ soll die Ausgangsgröße $NMOTIST$ der Antriebseinheit 1 der Vorgabegröße $NMOTSOLL$ nachgeführt werden, im Sinne einer Minimierung der Regelabweichung dn . Die vorläufige Stellgröße $MSOLL'$ wird einem Begrenzer 15 der Mittel 25 zugeführt, die prüfen, ob die vorläufige Stellgröße $MSOLL'$ innerhalb eines vorgegebenen Stellbereichs Δ liegt. Ist dies der Fall, so wird die vorläufige Stellgröße $MSOLL'$ als Stellgröße $MSOLL$ an die Antriebseinheit 1 abgegeben, andernfalls wird die vorläufige Stellgröße $MSOLL'$ derart begrenzt, dass sie im vorgegebenen Stellbereich Δ liegt, wobei in diesem Fall die von den Mitteln 25 abgegebene Stellgröße $MSOLL$ die entsprechend durch den Begrenzer 15 begrenzte vorläufige Stellgröße ist.

Der Stellbereich Δ ist definiert durch einen unteren Grenzwert MU und einen oberen Grenzwert MO , so dass gilt:

$$\Delta = MO - MU.$$

Die Vorrichtung 20 umfasst nun weiterhin Grenzwertvorgabemittel 45, die von der Getriebesteuerung 35 zumindest in dem hier beschriebenen Betriebszustand des Schaltvorgangs angesteuert werden. Wird beim Schaltvorgang heruntergeschaltet, so steuert die Getriebesteuerung die Grenzwertvorgabemittel 45 derart an, dass sie einen vorläufigen oberen Grenzwert MO' abgeben. Wird beim Schaltvorgang hochgeschaltet, so steuert die Getriebesteuerung 35 die Grenzwertvorgabemittel 45 derart an, dass sie einen vorläufigen unteren Grenzwert MU' abgeben. Der vorläufige obere Grenzwert MO' stellt dabei in diesem Ausführungsbeispiel ein maximal erzeugbares Motor-
ausgangsmoment dar. Der vorläufige untere Grenzwert MU' stellt in diesem Ausführungsbeispiel ein minimal mögliches Motorausgangsmoment dar. Der Ausgang der Grenzwertvorgabemittel 45 ist auf einen zweiten Verknüpfungspunkt 55 und einen dritten Verknüpfungspunkt 60 geführt. Ferner sind Stellbereichvorgabemittel 50 vorgesehen, die einen einzustellenden Stellbereich Δ' vorgeben und in dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ebenfalls von der Getriebesteuerung 35 angesteuert werden. Der einzustellende Stellbereich Δ' wird von den Stellbereichvorgabemitteln 50 an ein Proportional-Zeit-Glied 5 abgegeben. Der Ausgang des Proportional-Zeit-Gliedes 5 wird ebenfalls auf den zweiten Verknüpfungspunkt 55 und den dritten Verknüpfungspunkt 60 geführt. Im zweiten Verknüpfungspunkt 55 wird der Ausgang der Grenzwertvorgabemittel 45 mit dem Ausgang des Proportional-Zeit-Gliedes 5 addiert. Im dritten Verknüpfungspunkt 60 wird der Ausgang des Proportional-Zeit-Gliedes 5 vom Ausgang der Grenzwertvorgabemittel 55 subtrahiert. Das Proportional-Zeit-Glied 5 hat die Funktion, eine stetige zeitliche Steuerung des einzustellenden Stellbereichs Δ' zu realisieren. Dazu kann das Proportional-Zeit-Glied 5 beispielsweise in erster Ordnung und damit als PT1-Glied oder in zweiter Ordnung und damit als PT2-Glied ausgebildet sein. Alternativ kann an Stelle des Proportional-Zeit-Gliedes 5

auch eine zeitgesteuerte Rampenfunktion verwendet werden, die eine stetige zeitliche Steuerung des einzustellenden Stellbereichs Δ' ermöglicht. Der Ausgang des zweiten Verknüpfungspunktes 55 ist auf eine Minimalwertauswahleinheit 75 geführt. Ein weiterer Eingang der Minimalwertauswahleinheit 75 ist mit einem Speicher 65 für den vorläufigen oberen Grenzwert MO' verbunden. Die Minimalwertauswahleinheit 75 wählt aus den beiden Eingangsgrößen den minimalen Wert aus und gibt ihn als vorgegebenen oberen Grenzwert MO an den Begrenzer 15 ab. Der Ausgang des dritten Verknüpfungspunktes 60 ist auf eine Maximalwertauswahleinheit 80 geführt. Ein weiterer Eingang der Maximalwertauswahleinheit 80 ist mit einem Speicher 70 für den vorläufigen unteren Grenzwert MU' verbunden. Die Maximalwertauswahleinheit 80 gibt den Maximalwert ihrer beiden Eingangsgrößen als vorgegebenen unteren Grenzwert MU an den Begrenzer 15 ab.

Die Funktionsweise des Blockschaltbildes in Figur 1 ist anhand der in Figur 2 dargestellten Zeitdiagramme beschrieben. In Figur 2a) ist der Sollwert $MSOLL$ des Motorausgangsmomentes über der Zeit t für ein Hochschalten während eines Schaltvorgangs des Getriebes dargestellt. Zu einem ersten Zeitpunkt t_0 wird nach dem Öffnen der Kupplung eine zweite Phase eines Schaltvorgangs erreicht, bei der bei geöffneter Kupplung hochgeschaltet wird. Das bedeutet, dass die Getriebebesteuerung 35 einen niedrigeren Drehzahlwert für die Motordrehzahl vorgibt, als zuvor. Gemäß Figur 2d), die den Betrag $|dn|$ der Regelabweichung der Ausgangsgröße $NMOTIST$ über der Zeit t darstellt, steigt daher zum ersten Zeitpunkt t_0 der Betrag $|dn|$ der Regelabweichung über eine vorgegebene Regelabweichung d_{nv} an und wird in der digitalisierten Darstellung gemäß Figur 2d) auf eins gesetzt. Dabei ist in Figur 2d) gestrichelt der tatsächliche Verlauf des Betrags $|dn|$ der Regelabweichung dargestellt, genauso wie die vorgegebene Regelabweichung d_{nv} . Der tatsächliche Betrag $|dn|$ der

Regelabweichung steigt dabei zum ersten Zeitpunkt t_0 zunächst steil an, weil zum ersten Zeitpunkt t_0 die Getriebe-
steuerung 35 den Vorgabewert NMOTSOLL fordert, aber die Ausgangsgröße NMOTIST noch auf dem vorherigen Wert liegt. Durch
5 die Mittel 25 wird eine zeitoptimale Regelstrategie zur Aus-
regelung der Regelabweichung dn realisiert, so dass, wenn
der Betrag $|dn|$ der Regelabweichung gemäß Figur 2d) erst zu
einem zweiten Zeitpunkt t_2 wieder unter die vorgegebene
Regelabweichung dnv abfällt, auch das in Figur 2d) darge-
10 stellte digitalisierte Signal für den Betrag $|dn|$ der Re-
gelabweichung von eins auf null zurückgeht. Der dadurch ge-
bildete Regelabweichungsimpuls hat die Dauer $t_1 = t_2 - t_0$.

In Figur 2c) ist ein Regelanforderungssignal RA über der
15 Zeit t aufgetragen. Mit dem Überschreiten der vorgegebenen
Regelabweichung dnv durch den Betrag $|dn|$ der Regelab-
weichung zum ersten Zeitpunkt t_0 wird ein Regelanforderungs-
signal gemäß Figur 2c) gebildet, das von der Getriebe-
steuerung 35 an die Grenzwertvorgabemittel 45 und die Stell-
20 bereichsvorgabemittel 50 abgegeben wird und diese somit zum
ersten Zeitpunkt t_0 initialisiert. Dabei werden die Grenz-
wertvorgabemittel 45 dazu veranlasst, den vorläufigen un-
teren Grenzwert MU' abzugeben. Gemäß Figur 2e) ist der Ver-
lauf des einzustellenden Stellbereichs Δ' über der Zeit t
25 dargestellt. Dabei ist der einzustellende Stellbereich Δ'
üblicherweise die Differenz aus dem vorläufigen oberen
Grenzwert MO' und dem vorläufigen unteren Grenzwert MU' ,
also $\Delta' = MO' - MU'$. Durch Initialisierung mittels des
Regelanforderungssignals zum ersten Zeitpunkt t_0 werden die
30 Stellbereichsvorgabemittel 50 jedoch von der Getriebe-
steuerung 35 veranlasst, den einzustellenden Stellbereich Δ'
auf Null zu setzen. Die sich bildende fallende Flanke des
Signals für den einzustellenden Stellbereich Δ' wird durch
das Porportional-Zeit-Glied 5 zeitlich verzögert, wie in
35 Figur 2e) gestrichelt dargestellt ist. Auf diese Weise wird

der sprungförmige Verlauf des einzustellenden Stellbereichs Δ' zum ersten Zeitpunkt t_0 in einem stetigen streng monoton fallenden Verlauf umgeformt. In Figur 2f) ist der Verlauf des vorgegebenen oberen Grenzwertes MO und des vorgegebenen unteren Grenzwertes MU über der Zeit t dargestellt. Dabei entspricht während des gesamten Schaltvorgangs der vorgegebene untere Grenzwert dem vorläufigen unteren Grenzwert MU' . Der vorgegebene obere Grenzwert MO hingegen entspricht bis zum ersten Zeitpunkt t_0 dem vorläufigen oberen Grenzwert MO' und fällt dann zum ersten Zeitpunkt t_0 stetig und streng monoton fallend aufgrund des Porportional-Zeit-Gliedes 5 gemäß der gestrichelten Darstellung in Figur 2f) bis auf den vorläufigen unteren Grenzwert MU' ab. Dieser wird zu einem dritten Zeitpunkt t_3 erreicht. Damit entspricht ab dem dritten Zeitpunkt t_3 der vorgegebene obere Grenzwert MO dem vorgegebenen unteren Grenzwert MU , so dass am Ausgang des Begrenzers 15 ab dem dritten Zeitpunkt t_3 der Sollwert $MSOLL$ für das Motorausgangsmoment den Wert des vorläufigen unteren Grenzwertes MU' annimmt. Somit wird ab dem dritten Zeitpunkt t_3 das minimal mögliche Motorausgangsmoment von der Motorsteuerung der Antriebseinheit 1 umgesetzt und somit der Istwert $NMOTIST$ der Motordrehzahl schnellstmöglich abgesenkt. Zu einem dem dritten Zeitpunkt t_3 nachfolgenden zweiten Zeitpunkt t_2 fällt dann der Betrag $|dn|$ der Regelabweichung unter die vorgegebene Regelabweichung d_{nv} zurück. Der Betrag $|dn|$ der Regelabweichung kann auf diese Weise schnellstmöglich unter die vorgegebene Regelabweichung d_{nv} zurückgeführt werden. Somit lässt sich eine zeitoptimale Regelstrategie zur Ausregelung von Drehzahlabweichungen realisieren.

Um der Getriebesteuerung 35 den Betrag $|dn|$ der Regelabweichung mitzuteilen, ist, wie in Figur 1 dargestellt, der Ausgang des ersten Verknüpfungspunktes 30 auch auf die Getriebesteuerung 35 zurückgeführt. So kann ausgehend von dem

in Figur 2d) dargestellten digitalisierten Signal für den Betrag $|dn|$ der Regelabweichung das Regelanforderungssignal RA gebildet werden, das mit Setzen des digitalisierten Betrags $|dn|$ der Regelabweichung gesetzt und mit Rücksetzen des Betrags $|dn|$ der Regelabweichung zurückgesetzt wird. Alternativ kann der Betrag $|dn|$ der Regelabweichung der Motorsteuerung, ausgehend vom ersten Verknüpfungspunkt 30, zugeführt werden. Das Regelanforderungssignal RA wird dann entsprechend in der Motorsteuerung gebildet. Somit wird also gemäß Figur 2c) das Regelanforderungssignal RA zum zweiten Zeitpunkt t_2 zurückgesetzt. Das bedeutet, dass zum zweiten Zeitpunkt t_2 die Stellbereichsvorgabemittel 50 in dem hier beschriebenen Beispiel derart von der Getriebesteuerung 35 angesteuert werden, dass sie den einzustellenden Stellbereich Δ' sprunghaft wieder auf den Ausgangswert $MO' - MU'$ erhöhen. Aufgrund des Porportional-Zeit-Gliedes 5 wird diese sprunghafte Erhöhung in eine stetige, streng monoton steigende Erhöhung, wie in Figur 2e) gestrichelt dargestellt, umgesetzt. Dies führt wiederum zu einer entsprechenden stetig monoton steigenden Erhöhung des vorgegebenen oberen Grenzwertes MO ab dem zweiten Zeitpunkt t_2 auf den vorläufigen oberen Grenzwert MO' gemäß Figur 2f) in der gestrichelten Darstellung. Der vorgegebene untere Grenzwert MU bleibt aber nach wie vor auf dem vorläufigen unteren Grenzwert MU' , so dass sich der Stellbereich $\Delta = MO - MU$ ab dem zweiten vorgegebenen Zeitpunkt t_2 wieder auf den Ausgangswert $MO' - MU'$ aufweitet. Die Regelung der Ausgangsgröße NMOTIST wird dann innerhalb des Stellbereichs Δ wieder voll vom Regler 10 übernommen.

Vom zweiten Zeitpunkt t_2 an steigt damit auch wieder der Sollwert MSOLL des Motorausgangsmomentes gemäß Figur 2a) vom vorläufigen unteren Grenzwert MU' auf ein Verlustmoment MV an, das notwendig ist, um die neue Ausgangsgröße NMOTIST zu halten und beispielsweise auch bis zum ersten Zeitpunkt t_0

eingestellt war. In der Regel ist das Verlustmoment MV bei geänderter Motordrehzahl jedoch auch verändert.

5 Gemäß Figur 2b) ist der Sollwert MSOLL für das Motorausgangsmoment über der Zeit t für einen Schaltvorgang dargestellt, bei dem heruntergeschaltet wird. In diesem Fall gibt die Getriebebesteuerung 35 vom ersten Zeitpunkt t_0 an einen gegenüber dem vorherigen Sollwert erhöhten Sollwert NMOTSOLL für die Motordrehzahl vor. Wieder ergibt sich qualitativ ein
10 Verlauf des Betrages $|dn|$ der Regelabweichung gemäß Figur 2d) und ein Regelanforderungssignal RA gemäß Figur 2c). Dabei veranlasst die Getriebebesteuerung 35 beim Herunterschalten die Grenzwertvorgabemittel 45 dazu, den vorläufigen oberen Grenzwert MO' abzugeben. Ansonsten werden die Stellbereichsvorgabemittel 50, wie auch beim Hochschalten gemäß
15 Figur 2e), dazu veranlasst, ab dem ersten Zeitpunkt t_0 den einzustellenden Stellbereich Δ' in der beschriebenen Weise wieder auf Null zu setzen. Diesmal ergibt sich für den vorgegebenen oberen Grenzwert MO und den vorgegebenen unteren
20 Grenzwert MU gemäß Figur 2d) der folgende Verlauf über der Zeit t. Der vorgegebene obere Grenzwert MO bleibt ständig auf dem vorläufigen oberen Grenzwert MO', wohingegen der vorgegebene untere Grenzwert MU bis zum ersten Zeitpunkt t_0 dem vorläufigen unteren Grenzwert MU' entspricht und vom
25 ersten Zeitpunkt t_0 an gemäß der gestrichelten Darstellung von Figur 2g) stetig und streng monoton steigend bis zum vorläufigen oberen Grenzwert MO' ansteigt. Der Verlauf des einzustellenden Stellbereichs Δ' ist dabei gemäß Figur 2e) identisch wie beim Hochschalten. Das bedeutet nun, dass vom
30 dritten Zeitpunkt t_3 an gemäß Figur 2g) der vorgegebene obere Grenzwert MO dem vorgegebenen unteren Grenzwert MU entspricht und gleich dem vorläufigen oberen Grenzwert MO' ist. Damit fallen vom dritten Zeitpunkt t_3 an der vorgegebene obere Grenzwert MO und der vorgegebene untere Grenzwert
35 MU zusammen und der Begrenzer 15 gibt als Sollwert MSOLL für

das Motorausgangsmoment den vorläufigen oberen Grenzwert MO' ab, Wie in Figur 2b) dargestellt ist. Da der vorläufige obere Grenzwert MO' dem maximal erzeugbaren Motorausgangsmoment entspricht, wird die Ausgangsgröße $NMOTIST$ schnellstmöglich erhöht und dem Vorgabewert $NMOTSOLL$ schnellstmöglich nachgeführt. Somit wird auch für das Herunterschalten eine zeitoptimale Regelstrategie zur Ausregelung der Drehzahlabweichung bzw. der Regelabweichung dn realisiert. Der Betrag $|dn|$ der Regelabweichung geht somit schnellstmöglich wieder unter die vorgegebene Regelabweichung dnv zum zweiten Zeitpunkt t_2 zurück, so dass das Regelanforderungssignal RA zum zweiten Zeitpunkt t_2 zurückgesetzt und der einzustellende Stellbereich Δ' vom zweiten Zeitpunkt t_2 an wieder auf den Ausgangswert $MO' - MU'$ zurückgesetzt werden kann. Aufgrund des Porportional-Zeit-Gliedes 5 wird dieser Sprung in eine stetige streng monoton steigende Funktion wie in Figur 2e) gestrichelt dargestellt umgewandelt. Dies führt gemäß Figur 2g) dazu, dass ab dem zweiten Zeitpunkt t_2 der vorgegebene obere Grenzwert MO nach wie vor dem vorläufigen oberen Grenzwert MO' entspricht, wohingegen der vorgegebene untere Grenzwert MU vom zweiten Zeitpunkt t_2 an stetig und streng monoton fallend vom vorläufigen oberen Grenzwert MO' auf den vorläufigen unteren Grenzwert MU' zurückgeht. Sobald der vorgegebene untere Grenzwert MU wieder den vorläufigen unteren Grenzwert MU' erreicht, ist der Stellbereich Δ wieder auf seinen ursprünglichen Wert $MO' - MU'$ erweitert und der Begrenzer 15 begrenzt den vorläufigen Sollwert $MSOLL'$ des Reglers 10 innerhalb dieses Stellbereichs Δ .

Zum zweiten Zeitpunkt t_2 ist der von der Getriebesteuerung 35 vorgegebene Vorgabewert $NMOTSOLL$ von der Ausgangsgröße $NMOTIST$ mit einer Regelabweichung dnv erreicht, so dass die Kupplung wieder geschlossen und der Schaltvorgang beendet werden kann.

Somit wird vom zweiten Zeitpunkt t_2 an das Ausgangssignal MSOLL des Reglers 10 als vorläufiger Sollwert des Motorausgangsmomentes immer weniger durch den Begrenzer 15 aufgrund des größer werdenden Stellbereichs Δ beeinflusst. Der Regler 10 kann dann den vorläufigen Sollwert MSOLL', wie in Figur 2b) dargestellt, vom zweiten Zeitpunkt t_2 auf das Verlustmoment MV einregeln, um die Ausgangsgröße NMOTIST zu halten. Innerhalb des Stellbereichs Δ wird dabei der vorläufige Sollwert MSOLL' auch dem Sollwert bzw. der Stellgröße MSOLL entsprechen. In Figur 2b) ist gestrichelt der Verlauf der Stellgröße MSOLL dargestellt. Die gestrichelten Darstellungen in den einzelnen Diagrammen der Figur 2 entsprechen dabei jeweils dem tatsächlichen oder realen Verlauf der vorgegebenen Grenzwert M_O , M_U , des einzustellenden Stellbereichs Δ' und der Stellgröße MSOLL, sowie des Betrages $|dn|$ der Regelabweichung.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird der zeitliche Ablauf des Schaltvorgangs verbessert, indem die für die Fortsetzung des Schaltvorgangs erforderliche Motordrehzahl schneller eingestellt werden kann. Erreicht wird dies, wie beschrieben, durch Verwendung einer zeitoptimalen Regelstrategie und deren Priorisierung gegenüber dem Regler 10. Durch die beschriebene zeitoptimale Regelstrategie wird gegenüber dem Regler 10 der Vorteil der schnelleren Ausregelung von Regelabweichungen der Motordrehzahl unter Einhaltung des Stellbereiches Δ ermöglicht. Unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Schaltvorgang vorteilhaft verkürzt, insbesondere kann der Zeitraum der Kraftunterbrechung während der Einstellung der neuen Motordrehzahl bzw. der Umsetzung des Vorgabewertes NMOTSOLL verkürzt werden. Die nachteilige Unterbrechung des Kraftschlusses zwischen dem Motor und dem Triebstrang während des Schaltvorgangs wird dadurch verkürzt.

Zur Ausregelung kleiner Regelabweichungen, die kleiner oder gleich der vorgegebenen Regelabweichung Δ_{nv} sind und kontinuierlicher Motordrehzahlverläufe kann weiterhin eine PD- oder PID-Regelstrategie mittels des Reglers 10 eingesetzt werden. Der Übergang von der PD- oder PID-Regelstrategie zur zeitoptimalen Regelstrategie wird wie beschrieben durch Reduzierung der Breite des Stellbereich Δ realisiert. Der Übergang von der zeitoptimalen zur PD- oder PID-Regelstrategie wird wie beschrieben durch Wiedererhöhung der Breite des Stellbereichs Δ realisiert.

Bei einer zu erwartenden bleibenden Regelabweichung beispielsweise durch ungenaue Modellierung des Verlustmomentes M_V oder durch Momententnahme über die Kupplung kann anstelle einer PD-Regelstrategie eine PID-Regelstrategie verwendet werden.

Vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere bei Verbrennungsmotoren in betriebszustandsabhängigem vorläufigen oberen Grenzwert $M_{O'}$ und betriebszustandsabhängigem vorläufigen unteren Grenzwert $M_{U'}$, beispielsweise bei Motoren mit Benzindirekteinspritzung. Der verfügbare Stellbereich Δ kann dabei unmittelbar bei der Bildung der Stellgröße M_{SOLL} berücksichtigt werden, ohne dass eine betriebszustandsabhängige Parametrierung etwa des Reglers 10 erforderlich ist. Die Stellgröße M_{SOLL} kann somit betriebszustandsabhängig unter optimaler Ausnutzung des verfügbaren Stellbereichs Δ für eine schnelle bzw. zeitoptimale Regelung gebildet werden.

Statt der Messung der Ausgangsgröße N_{MOTIST} durch die Messvorrichtung 40 kann die Ausgangsgröße N_{MOTIST} , hier der Istwert der Motordrehzahl, auch modelliert werden. Der Istwert N_{MOTIST} der Motordrehzahl steht somit ohne die durch die Messung bedingte Verzögerung am Eingang des ersten Ver-

knüpfungspunktes 30 zur Bestimmung der Regelabweichung dn zur Verfügung. Für die Modellierung des Istwertes NMOTIST der Motordrehzahl kann die integrale Abhängigkeit zwischen der Motordrehzahl und dem Motorausgangsmoment verwendet werden und der Istwert NMOTIST entsprechend aus dem gemessenen oder modellierten Motorausgangsmomentenistwert MIST berechnet werden.

Für die beschriebene zeitoptimale Regelstrategie ist der Regler 10 nicht unbedingt erforderlich und kann auch weglassen werden. Er wird hier lediglich für die Regelung von Regelabweichungen kleiner oder gleich der vorgegebenen Regelabweichung dn_v vorgesehen.

Für die hier beschriebene zeitliche Auf- und Absteuerung des vorgegebenen oberen Grenzwertes MO und des vorgegebenen unteren Grenzwertes MU sind unterschiedliche Strategien möglich. Es können, wie beschrieben, dynamische Glieder wie Porportional-Zeit-Glieder erster oder zweiter Ordnung, sogenannte PT1- oder PT2-Glieder verwendet werden. Alternativ kann eine zeitliche Steuerung des vorgegebenen oberen Grenzwertes MO bzw. des vorgegebenen unteren Grenzwertes MU über eine Rampe mit konstanter Steigung über der Zeit erfolgen.

Bei dem verwendeten Porportional-Zeit-Glied oder der verwendeten Rampenfunktion handelt es sich generell um ein Verzögerungsglied, das einen Sprung im einzustellenden Stellbereich Δ' verstetigen soll. Generell wird also beim Gegenstand der Erfindung der einzustellende Stellbereich Δ' über ein Verzögerungsglied auf den zweiten Verknüpfungspunkt 55 und den dritten Verknüpfungspunkt 60 gebracht. Dabei kann die Verzögerung des Verzögerungsgliedes, beispielsweise über eine ansteuerbare Zeitkonstante, abhängig vom Betrag $|dn|$ der Regelabweichung gewählt werden. So kann beispielsweise die Verzögerung desto geringer gewählt werden, je größer der

Betrag $|\dot{n}|$ der Regelabweichung ist. Auf diese Weise lässt sich auch für große Regelabweichungen eine schnelle Nachführung der Ausgangsgröße NMOTIST erzielen. Weiterhin können der aktuelle Fahrzustand, beispielsweise über das vom Fahrer über die Stellung des Fahrpedals geforderte Fahrerwunschmoment, die aktuelle Übersetzung des Getriebes oder der Fahrertyp in die Bildung der Zeitkonstante für das Verzögerungsglied und damit des Zeitverlaufes für die Einstellung des Stellbereichs Δ einfließen. Der Fahrertyp kann beispielsweise aus den Gradienten von vorausgehenden Fahrpedalbetätigungen abgeleitet werden, wobei bei Überschreiten eines vorgegebenen Schwellwerts eines über mehrere Fahrpedalbetätigungen gemittelten Gradienten auf einen sportlicheren Fahrer und bei Unterschreiten dieses Schwellwertes auf einen eher ökonomischen Fahrer geschlossen wird. Bei einem sportlicheren Fahrer kann dann eine geringere Verzögerung des Verzögerungsgliedes und damit eine schnellere Nachführung der Ausgangsgröße NMOTIST vorgesehen werden, als bei einem ökonomischeren Fahrer. Durch die einstellbare Zeitkonstante des Verzögerungsgliedes lässt sich also eine Anpassung der Regelgeschwindigkeit an verschiedene Bedingungen und/oder Betriebssituationen des Fahrzeugs realisieren.

Die Ansteuerung der Zeitkonstante des Verzögerungsgliedes und deren variable Einstellung ist in Figur 1 anhand des Proportional-Zeit-Gliedes 5 durch die dem Proportional-Zeit-Glied 5 zugeführte Zeitkonstante τ angedeutet.

16.05.02 St/Kei

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

10

15

20

25

30

1. Verfahren zur Regelung der Ausgangsgröße (NMOTIST) einer Antriebseinheit (1) eines Fahrzeugs, wobei die Ausgangsgröße (NMOTIST) mittels einer Stellgröße (MSOLL) eingestellt und einem Vorgabewert (NMOTSOLL) nachgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** in mindestens einem vorgegebenen Betriebszustand des Fahrzeugs die Stellgröße (MSOLL) auf einen vorgegebenen Grenzwert (MO, MU) gebracht wird, wenn eine vorgegebene Regelabweichung (dnv) der Ausgangsgröße (NMOTIST) überschritten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Ausgangsgröße (NMOTIST) eine Motordrehzahl der Antriebseinheit (1) verwendet wird.
3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Stellgröße (MSOLL) ein Motorausgangsmoment der Antriebseinheit (1) verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellgröße (MSOLL) mittels eines Verzögerungsgliedes (5), insbesondere eines Proportional-Zeit-Gliedes (5), auf den vorgegebenen Grenzwert (MO, MU) gebracht wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zeitkonstante des Verzögerungsgliedes (5) variabel eingestellt wird.
- 5 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitkonstante in Abhängigkeit einer Regelabweichung (dn), eines Fahrzustandes, einer Getriebeübersetzung, eines Fahrertyps oder dergleichen eingestellt wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als vorgegebener Betriebszustand ein Schaltvorgang eines automatischen Getriebes oder eines automatisierten Schaltgetriebes vorgesehen wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangsgröße (NMOTIST) durch einen PD- oder einen PID-Regler (10) geregelt wird, der dazu die Stellgröße (MSOLL) erzeugt, dass die Stellgröße (MSOLL) in einem Begrenzer (15) auf einen vorgegebenen
20 Stellbereich (Δ) begrenzt wird und dass die Breite des vorgegebenen Stellbereiches (Δ) in dem mindestens einen Betriebszustand bis auf Null gebracht wird.
- 25 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite des vorgegebenen Stellbereiches (Δ) wieder vergrößert wird, sobald die vorgegebene Regelabweichung (dnv) erreicht oder unterschritten wird.
- 30 10. Vorrichtung (20) zur Regelung der Ausgangsgröße (NMOTIST) einer Antriebseinheit (1) eines Fahrzeugs, wobei Mittel (25) zur Einstellung der Ausgangsgröße (NMOTIST) mittels einer Stellgröße (MSOLL) und zur Nachführung bezüglich einem Vorgabewert (NMOTSOLL) vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel (15) vorgesehen sind, die in
35 mindestens einem vorgegebenen Betriebszustand des Fahr-

zeugs die Stellgröße (MSOLL) auf einen vorgegebenen Grenzwert (MO, MU) bringen, wenn eine vorgegebene Regelabweichung (dnv) der Ausgangsgröße (NMOTIST) überschritten wird.

16.05.02 St/Kei

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren und Vorrichtung zur Regelung der Ausgangsgröße
einer Antriebseinheit eines Fahrzeugs

Zusammenfassung

15 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung
der Ausgangsgröße (NMOTIST) einer Antriebseinheit (1) eines
Fahrzeugs vorgeschlagen, die eine zeitoptimale Regelstra-
tegie, insbesondere während eines Schaltvorgangs des Fahr-
zeugs, ermöglichen. Dabei wird die Ausgangsgröße (NMOTIST)
20 mittels einer Stellgröße (MSOLL) eingestellt und einem Vor-
gabewert (NMOTSOLL) nachgeführt. In mindestens einem vorge-
gebenen Betriebszustand des Fahrzeugs wird die Stellgröße
(NMSOLL) auf einen vorgegebenen Grenzwert (MO, MU) gebracht,
wenn eine vorgegebene Regelabweichung (dnv) der
25 Ausgangsgröße (NMOTIST) überschritten wird.

1/3

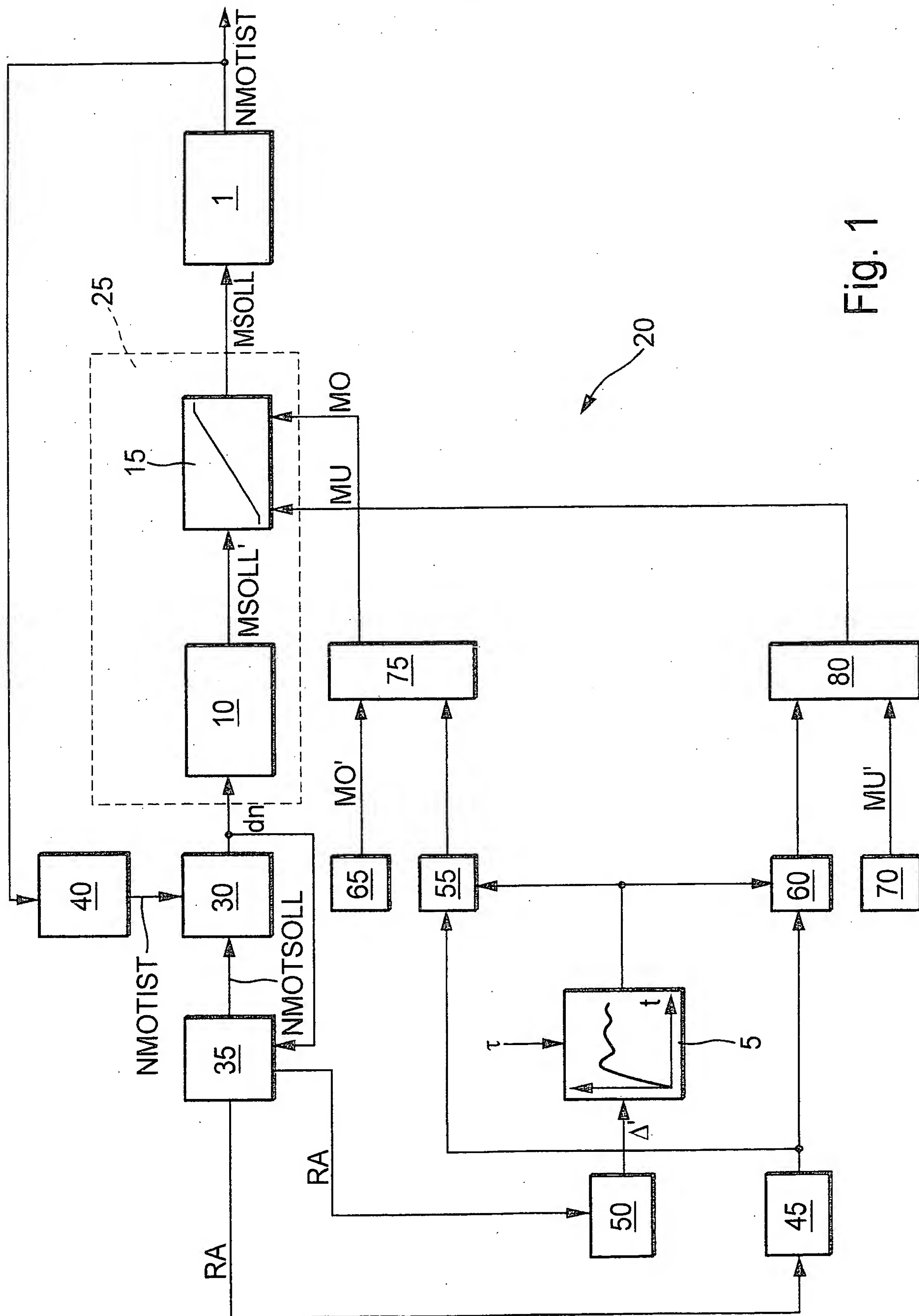
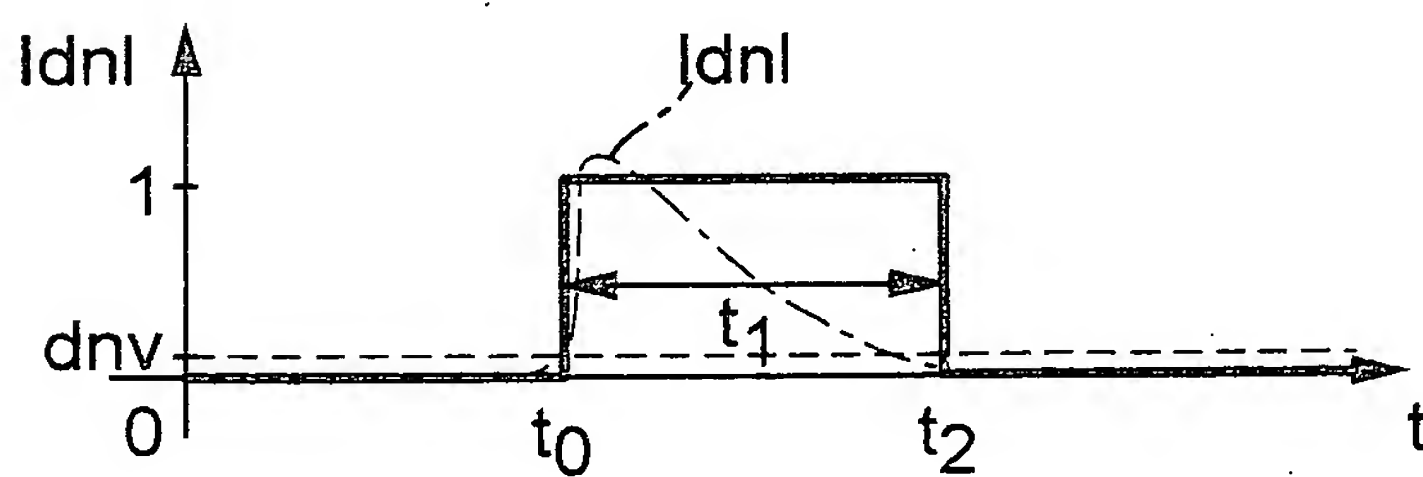
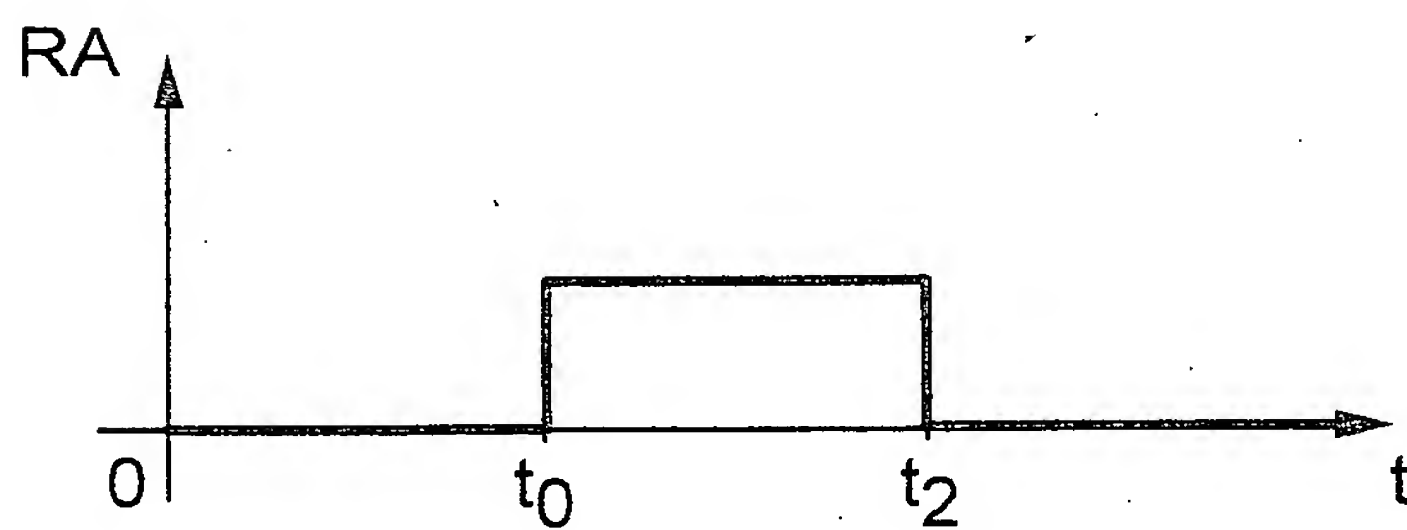
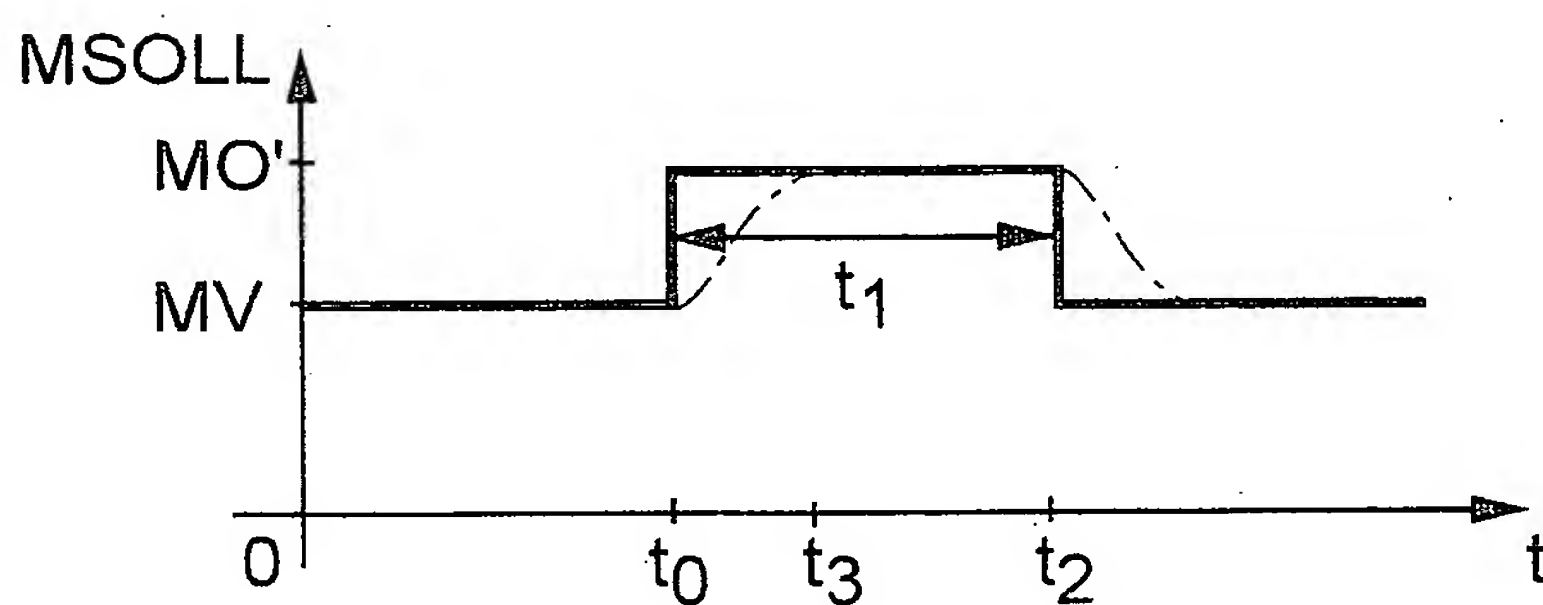
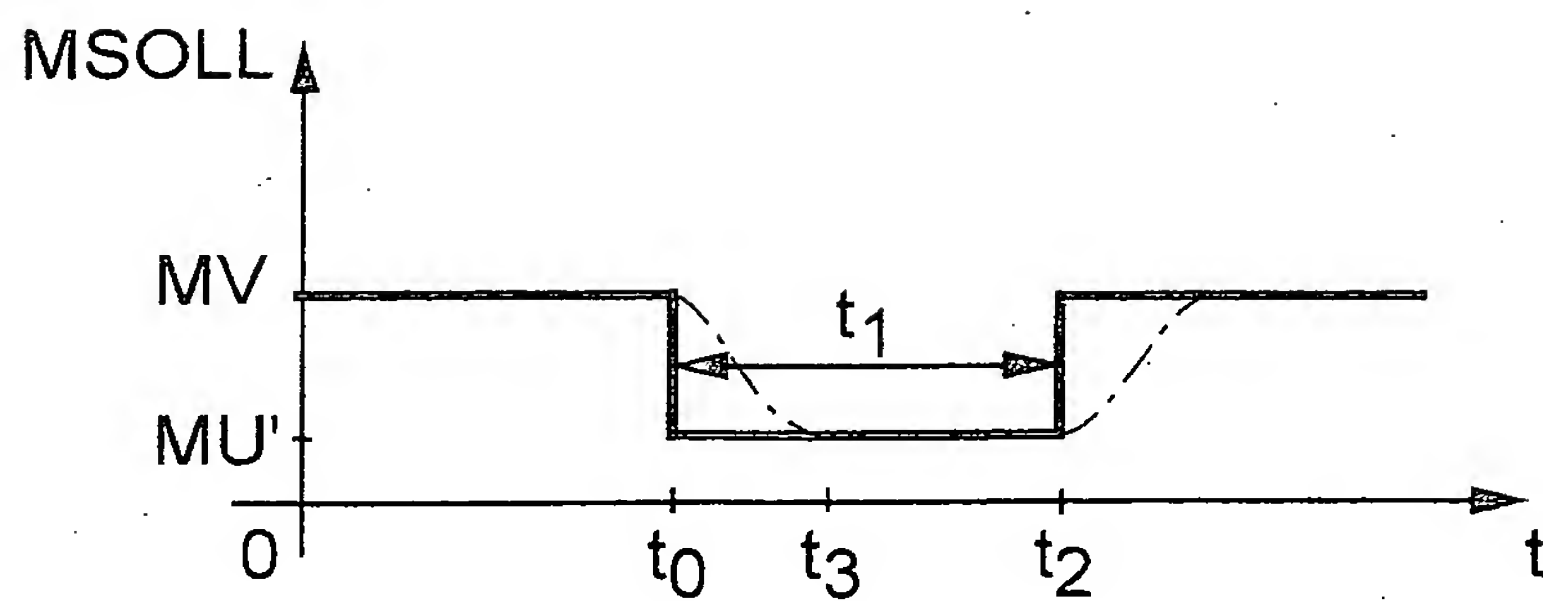


Fig. 1

2/3



3/3

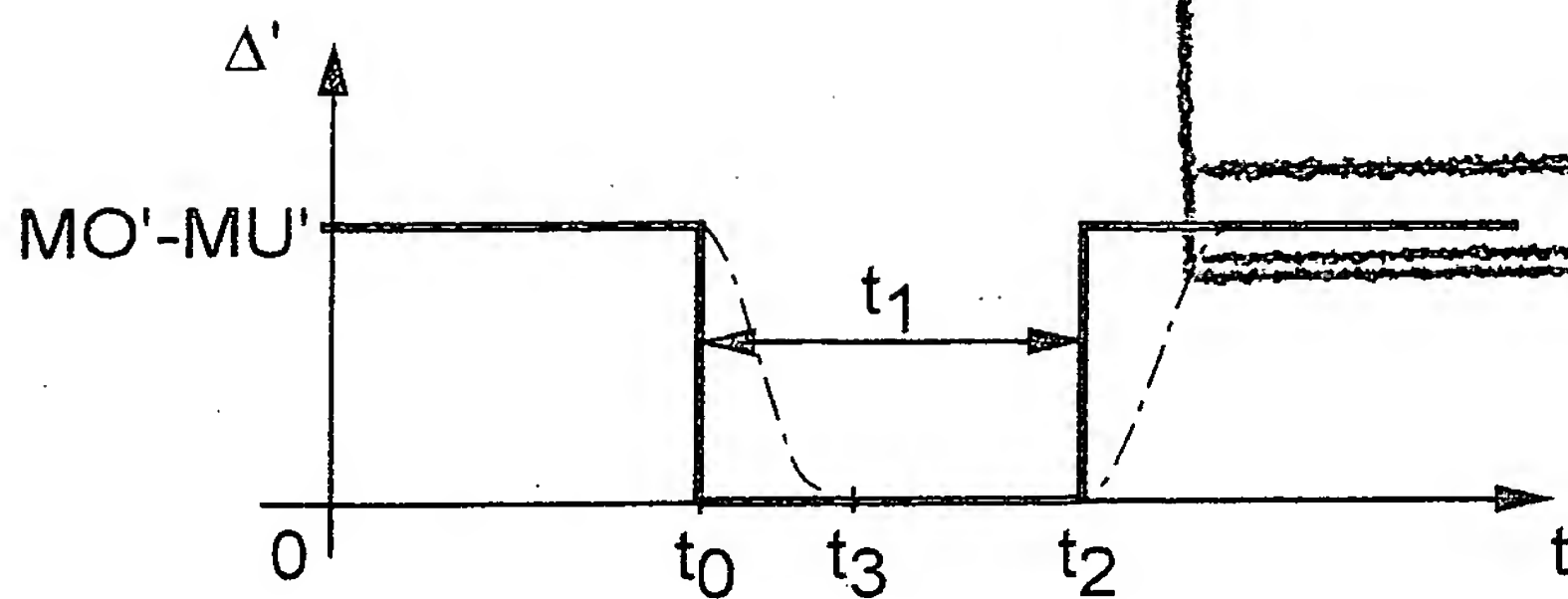


Fig. 2e

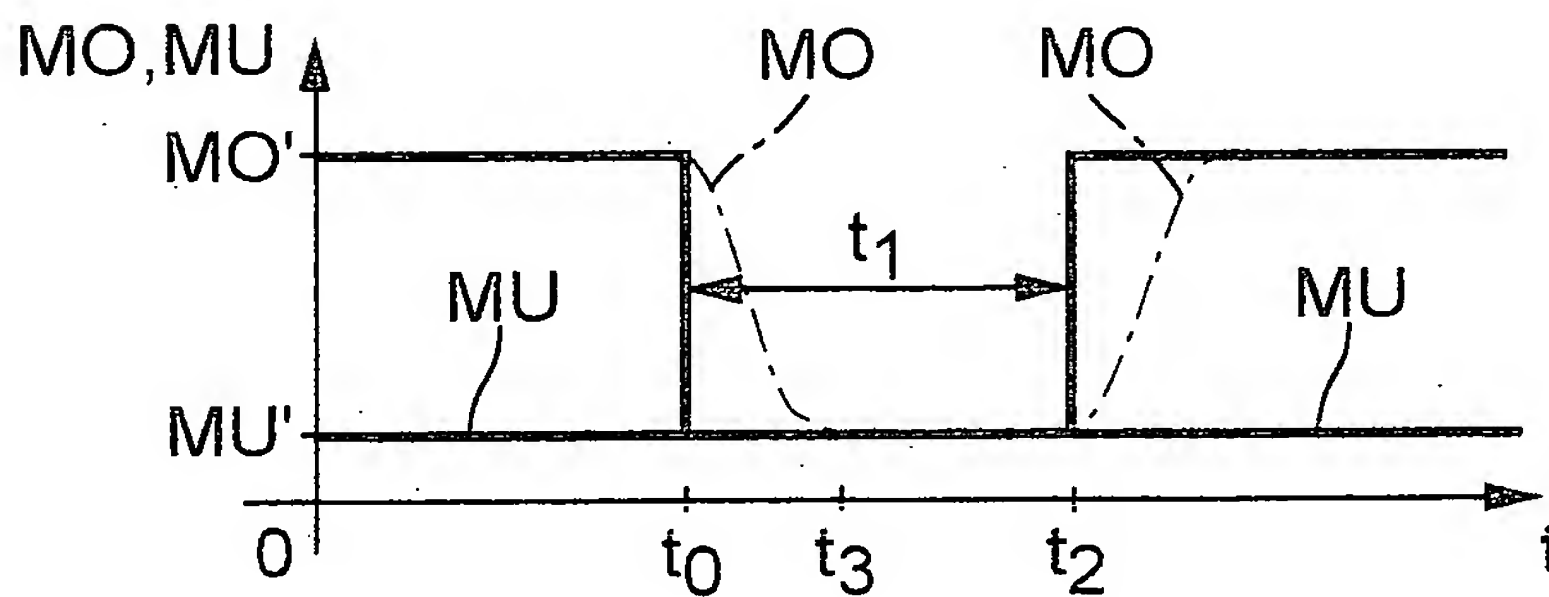


Fig. 2f

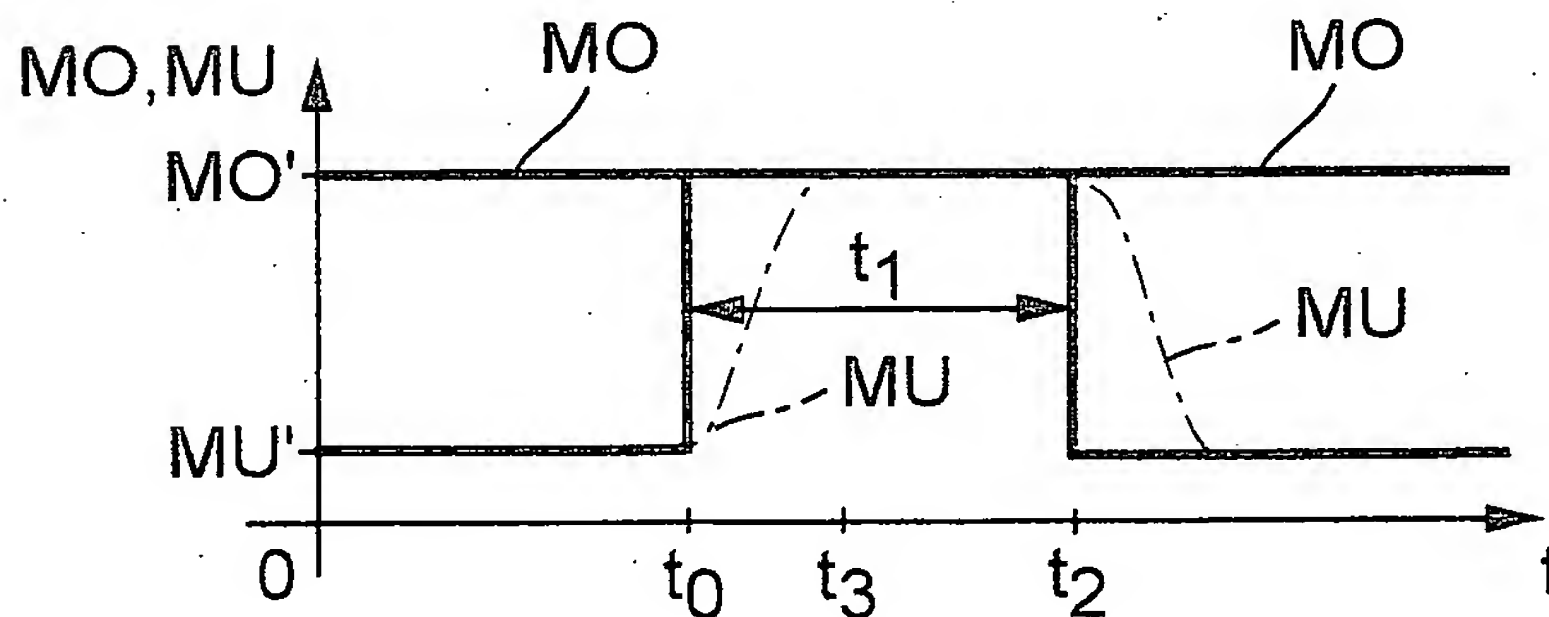


Fig. 2g